

# EUROPEAN PATENT OFFICE

## Patent Abstracts of Japan

PUBLICATION NUMBER : 10280173

PUBLICATION DATE : 20-10-98

APPLICATION DATE : 16-01-98

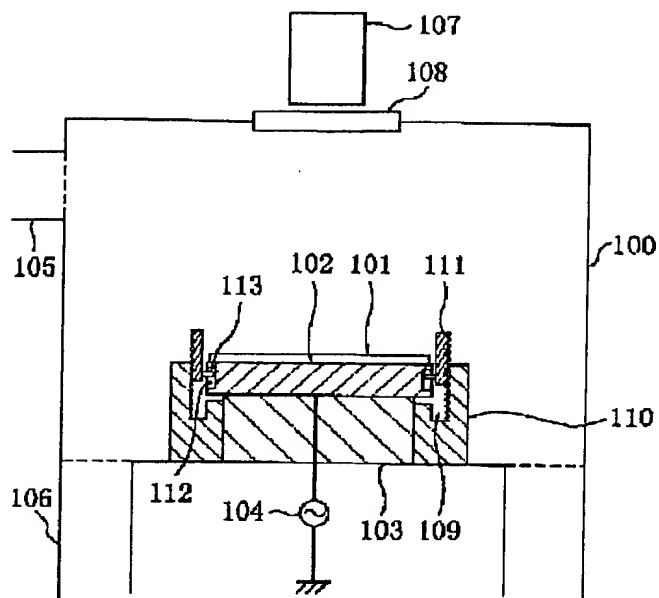
APPLICATION NUMBER : 10006493

APPLICANT : MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD;

INVENTOR : KUBOTA MASABUMI;

INT.CL. : C23F 4/00 H01L 21/3065

TITLE : ETCHING METHOD AND ETCHING  
DEVICE



ABSTRACT : PROBLEM TO BE SOLVED: To obviate the degradation of the reliability and the yield of a semiconductor device occurring in the nonuniformity of an etching rate.

SOLUTION: At the time of etching of a film to be etched which is to be executed before, the etching rates at the peripheral edge and central part of the film to be etched are respectively detected. When the etching rate at the peripheral edge of the previous film to be etched is higher than the etching rate in the central part, a focus ring 11 arranged at the circumference of a wafer 101 in the etching to the film to be etched which is to be executed afterward is risen, by which the amt. of the radicals arriving at the peripheral edge of the succeeding film to be etched is decreased. When the etching rate at the peripheral edge of the previous film to be etched is lower than the etching rate of the central part, the focus ring 111 is lowered in the etching to the succeeding film to be etched, by which the amt. of the radicals arriving at the peripheral edge of the succeeding film to be etched is increased.

COPYRIGHT: (C)1998,JPO



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-280173

(43) 公開日 平成10年(1998)10月20日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>

識別記号

F I

C 2 3 F 4/00

C 2 3 F 4/00

A

H 0 1 L 21/3065

H 0 1 L 21/302

A

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 13 頁)

(21) 出願番号 特願平10-6493

(22) 出願日 平成10年(1998) 1月16日

(31) 優先権主張番号 特願平9-23757

(32) 優先日 平 9 (1997) 2月6日

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000005821

松下電器産業株式会社

大阪府門真市大字門真1006番地

(72) 発明者 大國 充弘

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器  
産業株式会社内

(72) 発明者 久保田 正文

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器  
産業株式会社内

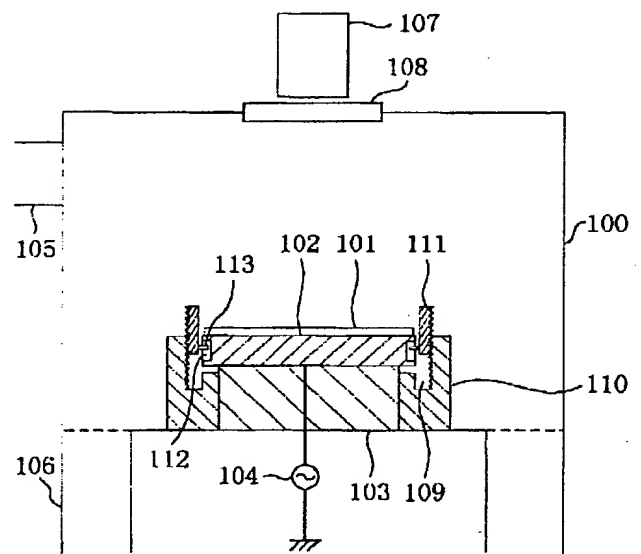
(74) 代理人 弁理士 前田 弘 (外 2 名)

(54) 【発明の名称】 エッチング方法及びエッチング装置

(57) 【要約】

【課題】 エッチングレートの不均一性に起因する半導体デバイスの信頼性及び歩留まりの低下を解消する。

【解決手段】 先に行なう被エッチング膜に対するエッチング時において、被エッチング膜の周縁部及び中央部のエッチングレートをそれぞれ検出する。先の被エッチング膜の周縁部のエッチングレートが中央部のエッチングレートよりも速いときには、後に行なう被エッチング膜に対するエッチングにおいては、ウェハ101の周囲に配置されたフォーカスリング111を上昇させることにより、後の被エッチング膜の周縁部に到達するラジカル量を減少させる。先の被エッチング膜の周縁部のエッチングレートが中央部のエッチングレートよりも遅いときには、後の被エッチング膜に対するエッチングにおいては、フォーカスリング111を降下させることにより、後の被エッチング膜の周縁部に到達するラジカル量を増加させる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 ウェハ上に形成された被エッチング膜をプラズマにより順次エッチングするエッチング方法であって、

第1のウェハの上に形成された第1の被エッチング膜の周縁部のエッチングレート及び中央部のエッチングレートをそれぞれ検出するエッチングレート検出工程と、前記第1の被エッチング膜の周縁部のエッチングレートが前記第1の被エッチング膜の中央部のエッチングレートよりも速いときには、前記第1のウェハよりも後にエッチングされる第2のウェハの上に形成された第2の被エッチング膜の中央部に到達するラジカルが増加するか又は前記第2の被エッチング膜の周縁部に到達するラジカル量が減少するようにラジカル量を調整する一方、前記第1の被エッチング膜の周縁部のエッチングレートが前記第1の被エッチング膜の中央部のエッチングレートよりも遅いときには、前記第2の被エッチング膜の中央部に到達するラジカル量が減少するか又は前記第2の被エッチング膜の周縁部に到達するラジカル量が増加するようにラジカル量を調整するラジカル量調整工程とを備えていることを特徴とするエッチング方法。

【請求項2】 前記ラジカル量調整工程は、前記第1の被エッチング膜の周縁部のエッチングレートが前記第1の被エッチング膜の中央部のエッチングレートよりも速いときには、前記第2のウェハの周囲に上下動可能に配置されたフォーカスリングを上昇させることにより前記第2の被エッチング膜の周縁部に到達するラジカル量を減少させる工程を含むことを特徴とする請求項1に記載のエッチング方法。

【請求項3】 前記ラジカル量調整工程は、前記第1の被エッチング膜の周縁部のエッチングレートが前記第1の被エッチング膜の中央部のエッチングレートよりも遅いときには、前記第2のウェハの周囲に上下動可能に配置されたフォーカスリングを降下させることにより前記第2の被エッチング膜の周縁部に到達するラジカル量を増加させる工程を含むことを特徴とする請求項1に記載のエッチング方法。

【請求項4】 前記ラジカル量調整工程は、前記第1の被エッチング膜の周縁部のエッチングレートが前記第1の被エッチング膜の中央部のエッチングレートよりも速いときには、前記第2の被エッチング膜の周縁部に向かう反応性ガスの量を減少させることにより前記第2の被エッチング膜の周縁部に到達するラジカル量を減少させる工程、及び前記第2の被エッチング膜の中央部に向かう反応性ガスの量を増加させることにより前記第2の被エッチング膜の中央部に到達するラジカル量を増加させる工程のうちの少なくとも1つの工程を含むことを特徴とする請求項1に記載のエッチング方法。

【請求項5】 前記ラジカル量調整工程は、前記第1の被エッチング膜の周縁部のエッチングレートが前記第1

の被エッチング膜の中央部のエッチングレートよりも遅いときには、前記第2の被エッチング膜の周縁部に向かう反応性ガスの量を増加させることにより前記第2の被エッチング膜の周縁部に到達するラジカルを増加させる工程、及び前記第2の被エッチング膜の中央部に向かう反応性ガスの量を減少させることにより前記第2の被エッチング膜の中央部に到達するラジカル量を減少させる工程のうちの少なくとも1つの工程を含むことを特徴とする請求項1に記載のエッチング方法。

【請求項6】 前記エッチングレート検出工程は、前記第1の被エッチング膜の表面に入射し、該第1の被エッチング膜の表面から反射してくるプラズマ光の第1の反射光と、前記第1の被エッチング膜の表面に入射した後、該第1の被エッチング膜を通過し、前記第1のウェハの表面から反射してくるプラズマ光の第2の反射光との膜干渉光の波形をモニターすることにより、前記第1の被エッチング膜の周縁部のエッチングレート及び中央部のエッチングレートをそれぞれ検出する工程を含むことを特徴とする請求項1に記載のエッチング方法。

【請求項7】 内部が真空中に保持されるチャンバーと、前記チャンバー内に設けられ、被エッチング膜が形成されたウェハを保持する試料台と、

前記被エッチング膜の周縁部のエッチングレート及び中央部のエッチングレートをそれぞれ検出するエッチングレート検出手段と、

前記チャンバー内に反応性ガスを導入するガス導入手段と、

前記ガス導入手段により導入され前記被エッチング膜に向かう反応性ガスをプラズマ化するプラズマ発生源と、前記試料台に保持されるウェハの周囲を囲む位置に前記試料台に対して昇降可能に設けられており、前記反応性ガスよりなるラジカルを前記被エッチング膜に均一に照射させるフォーカスリングと、前記フォーカスリングを昇降させる駆動手段とを備えていることを特徴とするエッチング装置。

【請求項8】 内部が真空中に保持されるチャンバーと、前記チャンバー内に設けられ、被エッチング膜が形成されたウェハを保持する試料台と、

前記被エッチング膜の周縁部のエッチングレート及び中央部のエッチングレートをそれぞれ検出するエッチングレート検出手段と、

前記チャンバー内に反応性ガスを導入するガス導入手段と、

前記ガス導入手段により導入された反応性ガスの前記被エッチング膜の周縁部及び中央部に向かう量をそれぞれ増減させるガス量制御手段と、

前記ガス導入手段により導入され前記被エッチング膜に向かう反応性ガスをプラズマ化するプラズマ発生源とを備えていることを特徴とするエッチング装置。

【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、半導体デバイスの製造プロセスにおいて、ウェハ上に形成された金属合金膜等の被エッチング膜に対してプラズマを用いて行なうエッチング方法及び該エッチング方法に使用されるエッチング装置に関する。

## 【0002】

【従来の技術】高周波放電を用いるプラズマ発生方法は、半導体プロセスにおける微細加工のためのプラズマエッチング、薄膜形成のためのプラズマCVD等の様々な分野で用いられている。プラズマを用いるドライエッチングの分野では、高精度で且つ安定している共に、再現性、生産性及び歩留まりが高いドライエッチング技術の確立が望まれている。

【0003】金属合金膜等の被エッチング膜に対するドライエッチングの分野においては反応性イオンエッチング(RIE: Reactive Ion Etching)方式が主として用いられている。

【0004】以下、従来のプラズマエッチング装置について説明する。

【0005】図8は、従来のRIEプラズマエッチング装置の概略構成を示しており、真空中に保持されるチャンバー1の内部には、被エッチング試料であるウェハ2を保持すると共に下部電極となる試料台3が設けられており、試料台3には高周波電源4から例えば13.56MHzの高周波電力が印可される。チャンバー1には、反応性ガスを導入するガス導入口5、反応性ガスを排出するガス排出口6が設けられている。また、試料台3の上には、該試料台3に保持されるウェハ2の周囲を囲む位置に設けられ、ウェハ2上の被エッチング膜に向かう反応性ガスよりなるラジカルを均一にする10～20mmの高さを持つフォーカスリング(均一化リング)7が設けられている。

【0006】従来、金属合金膜等の被エッチング膜をエッチングする際には、最適なエッチング条件、例えばエッチングレートの均一性が±5%以下になるようなエッチング条件を予め求めておき、この最適なエッチング条件で被エッチング膜に対するエッチングを行なっている。

【0007】エッチング条件を最適化する方法としては、フォーカスリング7を異なる高さのものに取り替える方法や、チャンバー1内に導入される反応性ガスの吹き出し方向を調節する方法等が採用されている。すなわち、フォーカスリング7の高さを変えたり、反応性ガスの吹き出し方向を調節したりしながら、実際にエッチングを行ない、最も良いエッチングレートが得られる、フォーカスリングの高さや反応性ガスの吹き出し方向を採用する。

【0008】[表1]は、金属合金膜に対して行なうドライエッチングのエッチング条件の一例を示してい

る。

## 【0009】

【表1】

パラメータ	値
パワー (13.56MHZ)	700W
ガス種 (BCl <sub>3</sub> /Cl <sub>2</sub> /N <sub>2</sub> )	100/100/20sccm
圧力	150mTorr

【0010】図9(a)はドライエッチングを行なう前の被エッチング試料の断面構造を示し、図9(b)はドライエッチングが行なわれた後の被エッチング試料の断面構造を示している。図9(a)に示すように、シリコンよりなる半導体基板10の上には、BPSG膜11、第1のTiN膜12、Al-1%Cu膜13及び第2のTiN膜14が順次堆積されており、第2のTiN膜14の上には0.7μmのラインパターンを形成するためのレジストパターン15が形成されている。レジストパターン15をマスクとして第2のTiN膜14及びAl-1%Cu膜13に対して、[表1]のエッチング条件でドライエッチングを行なうと、図9(b)に示すように、0.7μmのラインパターンを持つ金属配線16が形成される。

## 【0011】

【発明が解決しようとする課題】[表2]は、直径が8インチのウェハの処理枚数とエッチングレートとの関係を示している。

## 【0012】

【表2】

	エッチングレート均一性(%)	
	プロセスが安定している場合	プロセスが安定していない場合
1枚目	±3.9	±4.0
5枚目	±4.8	±8.0
10枚目	±4.1	±5.3
15枚目	±4.6	±10.9
20枚目	±4.3	±8.7
25枚目	±4.6	±4.5

【0013】[表2]に示すように、処理枚数が少なくエッチングプロセスが安定している場合には、25枚

のウェハのうちエッチングレートを検討した6枚のウェハのすべてにおいて、エッチングレートの均一性は±5%以内に収まっている。これに対して、処理枚数が多くなって反応室内の状態が変わってくると、エッチングプロセスが安定しなくなる。エッチングプロセスが安定していない場合には、例えば5枚目、15枚目及び25枚目のように、エッチングレートの均一性が±5%以上になってエッチングレートが悪化する。

【0014】前記のデータは、直径が8インチのウェハの処理枚数とエッチングレートとの関係を示しているが、直径が12インチのウェハに対してエッチングを行なう場合には、前記の傾向は一層大きくなる。つまり、ウェハの大口径化に伴って、エッチングレートの不均一性が顕著に現われてくる。

【0015】ところで、従来のエッチング方法においては、エッチングレートの均一性が悪くなっても、エッチング条件を変化させることなくエッチングを続行し、問題が発生してから、反応室を真空状態から大気状態に変えて、フォーカスリングを異なる高さのものに変えたり、反応性ガスの吹き出し方向を変えたりしている。

【0016】このため、エッチングレートの均一性の悪化に起因して、半導体デバイスの信頼性が安定しないと共に歩留まりが低下するという問題がある。

【0017】前記に鑑み、本発明は、エッチングレートの不均一性に起因する半導体デバイスの信頼性及び歩留まりの低下を解消することを目的とする。

【0018】

【課題を解決するための手段】前記の目的を達成するため、本発明は、プラズマエッチングにおいてはラジカルによるエッチングが支配的であり、被エッチング膜に対するエッチングレートの不均一性が被エッチング膜における周縁部と中心部との間のラジカルの供給量の差に起因して発生することが多い点に鑑み、被エッチング膜毎に周縁部と中心部とのエッチングレートをそれぞれ検出し、被エッチング膜毎にエッチングレートが均一になるようにラジカル量を調整するものである。

【0019】本発明に係るエッチング方法は、ウェハ上に形成された被エッチング膜をプラズマにより順次エッチングするエッチング方法を対象とし、第1のウェハの上に形成された第1の被エッチング膜の周縁部のエッチングレート及び中央部のエッチングレートをそれぞれ検出するエッチングレート検出工程と、第1の被エッチング膜の周縁部のエッチングレートが第1の被エッチング膜の中央部のエッチングレートよりも速いときには、第1のウェハよりも後にエッチングされる第2のウェハの上に形成された第2の被エッチング膜の中央部に到達するラジカルの量が増加するか又は第2の被エッチング膜の周縁部に到達するラジカルの量が減少するようにラジカル量を調整する一方、第1の被エッチング膜の周縁部のエッチングレートが第1の被エッチング膜の中央部の

エッチングレートよりも遅いときには、第2の被エッチング膜の中央部に到達するラジカルの量が減少するか又は第2の被エッチング膜の周縁部に到達するラジカルの量が増加するようにラジカル量を調整するラジカル量調整工程とを備えている。

【0020】本発明に係るエッチング方法によると、第1の被エッチング膜の周縁部のエッチングレートが第1の被エッチング膜の中央部のエッチングレートよりも速いときに、第2の被エッチング膜の中央部に到達するラジカルの量が増加するか又は第2の被エッチング膜の周縁部に到達するラジカルの量が減少するようにラジカル量を調整すると、第2の被エッチング膜に対するエッチング時においては、第1の被エッチング膜に対するエッチング時に比べて、第2の被エッチング膜の中央部に到達するラジカルの量が相対的に増加するため、第2の被エッチング膜の中央部のエッチングレートが速くなるので、エッチングレートは均一になる。また、第1の被エッチング膜の周縁部のエッチングレートが第1の被エッチング膜の中央部のエッチングレートよりも遅いときに、第2の被エッチング膜の中央部に到達するラジカルの量が減少するか又は第2の被エッチング膜の周縁部に到達するラジカルの量が増加するようにラジカル量を調整すると、第2の被エッチング膜に対するエッチング時においては、第1の被エッチング膜に対するエッチング時に比べて、第2の被エッチング膜の周縁部に到達するラジカルの量が相対的に増加するため、第2の被エッチング膜の周縁部のエッチングレートが速くなるので、エッチングレートは均一になる。

【0021】本発明に係るエッチング方法において、ラジカル量調整工程は、第1の被エッチング膜の周縁部のエッチングレートが第1の被エッチング膜の中央部のエッチングレートよりも速いときには、第2のウェハの周囲に上下動可能に配置されたフォーカスリングを上昇させることにより第2の被エッチング膜の周縁部に到達するラジカルの量を減少させる工程を含むことが好ましい。

【0022】また、本発明に係るエッチング方法において、ラジカル量調整工程は、第1の被エッチング膜の周縁部のエッチングレートが第1の被エッチング膜の中央部のエッチングレートよりも遅いときには、第2のウェハの周囲に上下動可能に配置されたフォーカスリングを降下させることにより第2の被エッチング膜の周縁部に到達するラジカルの量を増加させる工程を含むことが好ましい。

【0023】また、本発明に係るエッチング方法において、ラジカル量調整工程は、第1の被エッチング膜の周縁部のエッチングレートが第1の被エッチング膜の中央部のエッチングレートよりも速いときには、第2の被エッチング膜の周縁部に向かう反応性ガスの量を減少させることにより第2の被エッチング膜の周縁部に到達する

ラジカル量を減少させる工程、及び第2の被エッチング膜の中央部に向かう反応性ガスの量を増加させることにより第2の被エッチング膜の中央部に到達するラジカル量を増加させる工程のうちの少なくとも1つの工程を含むことが好ましい。

【0024】また、本発明に係るエッチング方法において、ラジカル量調整工程は、第1の被エッチング膜の周縁部のエッチングレートが第1の被エッチング膜の中央部のエッチングレートよりも遅いときには、第2の被エッチング膜の周縁部に向かう反応性ガスの量を増加させることにより第2の被エッチング膜の周縁部に到達するラジカル量を増加させる工程、及び第2の被エッチング膜の中央部に向かう反応性ガスの量を減少させることにより第2の被エッチング膜の中央部に到達するラジカル量を減少させる工程のうちの少なくとも1つの工程を含むことが好ましい。

【0025】また、本発明に係るエッチング方法において、エッチングレート検出工程は、第1の被エッチング膜の表面に入射し、該第1の被エッチング膜の表面から反射してくるプラズマ光の第1の反射光と、第1の被エッチング膜の表面に入射した後、該第1の被エッチング膜を通過し、第1のウェハの表面から反射してくるプラズマ光の第2の反射光との膜干渉光の波形をモニターすることにより、第1の被エッチング膜の周縁部のエッチングレート及び中央部のエッチングレートをそれぞれ検出する工程を含むことが好ましい。

【0026】本発明に係る第1のエッチング装置は、内部が真空中に保持されるチャンバーと、チャンバー内に設けられ、被エッチング膜が形成されたウェハを保持する試料台と、被エッチング膜の周縁部のエッチングレート及び中央部のエッチングレートをそれぞれ検出するエッチングレート検出手段と、チャンバー内に反応性ガスを導入するガス導入手段と、ガス導入手段により導入された被エッチング膜に向かう反応性ガスをプラズマ化するプラズマ発生源と、試料台に保持されるウェハの周囲を囲む位置に試料台に対して昇降可能に設けられており、反応性ガスよりなるラジカルを被エッチング膜に均一に照射させるフォーカスリングと、フォーカスリングを昇降させる駆動手段とを備えている。

【0027】本発明に係る第1のエッチング装置によると、エッチングレート検出手段により、被エッチング膜の周縁部のエッチングレート及び中央部のエッチングレートをそれぞれ検出することができる。試料台に対して昇降可能に設けられているフォーカスリングと、該フォーカスリングを昇降させる駆動手段とを備えているため、フォーカスリングを昇降させることにより、被エッチング膜の周縁部に到達するラジカル量を増減することができる。すなわち、第1の被エッチング膜に対するエッチング時において中央部に比べて周縁部の方がエッチングレートが遅いときには、第2の被エッチング膜に

対するエッチング時においては、フォーカスリングを上昇させることにより、周縁部に到達するラジカル量を減少させることができ、また、第1の被エッチング膜に対するエッチング時において中央部に比べて周縁部の方がエッチングレートが遅いときには、第2の被エッチング膜に対するエッチング時においては、フォーカスリングを降下させることにより、周縁部に到達するラジカル量を増加させることができる。

【0028】本発明に係る第2のエッチング装置は、内部が真空中に保持されるチャンバーと、チャンバー内に設けられ、被エッチング膜が形成されたウェハを保持する試料台と、被エッチング膜の周縁部のエッチングレート及び中央部のエッチングレートをそれぞれ検出するエッチングレート検出手段と、チャンバー内に反応性ガスを導入するガス導入手段と、ガス導入手段により導入された反応性ガスの被エッチング膜の周縁部及び中央部に向かう量をそれぞれ増減させるガス量制御手段と、ガス導入手段により導入された被エッチング膜に向かう反応性ガスをプラズマ化するプラズマ発生源とを備えている。

【0029】本発明に係る第2のエッチング装置によると、反応性ガスの被エッチング膜の周縁部及び中央部に向かう量をそれぞれ増減させるガス量制御手段を備えているため、第1の被エッチング膜に対するエッチング時において中央部に比べて周縁部の方がエッチングレートが遅いときには、第2の被エッチング膜に対するエッチング時においては、周縁部に向かう反応性ガスの量を減少させたり、中央部に向かう反応性ガスの量を増加させたりすることにより、第1の被エッチング膜に対するエッチング時に比べて、中央部に到達するラジカル量を相対的に増加させることができ、また、第1の被エッチング膜に対するエッチング時において中央部に比べて周縁部の方がエッチングレートが遅いときには、第2の被エッチング膜に対するエッチング時においては、周縁部に向かう反応性ガスの量を増加させさせたり、中央部に向かう反応性ガスの量を減少させたりすることにより、第1の被エッチング膜に対するエッチング時に比べて、周縁部に到達するラジカル量を相対的に増加させることができる。

【0030】

【発明の実施の形態】

（第1の実施形態）図1は本発明の第1の実施形態に係るエッチング装置の概略構成を示しており、真空中に保持されるチャンバー100の内部には、被エッチング試料であるウェハ101を保持すると共に下部電極となる試料台102、及び該試料台102を保持する保持台103が設けられており、試料台102には高周波電源104から例えば13.56MHzの高周波電力が印可される。また、チャンバー100には、反応性ガスをチャンバー100内に導入するガス導入口105、及びチャンバー100内の気体を排出するガス排出口106が設け

られている。

【0031】第1の実施形態の特徴として、チャンパー100の上部に、試料台102に保持されているシリコンウェハ101の表面状態をモニターするCCDカメラ107、及びCCDカメラ107に反応性ガスが付着するのを防止する石英板108が設けられている。

【0032】また、保持台103の外側には、リング状の凹状溝109を有する円筒体110が保持台103に対して相対回転可能に設けられており、該円筒体110は図示しないモータ等の駆動手段により回転される。円筒体110の凹状溝109の内部にはフォーカスリング111が円筒体110に対して昇降可能に設けられている。すなわち、円筒体110の凹状溝109の内壁面及びフォーカスリング111の外周面には互いに螺合するネジ部が形成されており、フォーカスリング111は円筒体110に対して相対回転可能且つ上下動可能である。また、試料台102の外面には数個の縦長の凹部112が形成されていると共に、フォーカスリング111の内周面には縦長の凹部112に嵌合する突起部113が設けられており、フォーカスリング111は試料台102に対して相対回転不能且つ上下動可能である。以上の構成により、フォーカスリング111は円筒体110と螺合していると共に試料台102と相対回転不能であるため、図示しない駆動手段により円筒体110を回転すると、フォーカスリング111は回転することなく上下動する。

【0033】以下、第1の実施形態に係るエッチング装置を用いて、試料台102の上に載置されたウェハ上に形成された被エッチング膜としてのアルミニウム膜に対して行なうエッチング方法について、図1、図2及び図3(a)、(b)を参照しながら説明する。

【0034】まず、ステップSA1において、アルミニウム膜からの第1の反射光とシリコン基板からの第2の反射光との膜干渉光の波形をCCDカメラ107によりモニターしながらアルミニウム膜をエッチングする。

【0035】図3(a)は、基板の上に形成された膜からの第1の反射光と基板からの第2の反射光との膜干渉光を説明する図であって、入射角 $\theta_1$ で入射する入射光は、膜の表面で反射されて第1の反射光になると共に、屈折角 $\theta_2$ を持つ屈折光として膜中を通過した後、基板の表面で反射されて第2の反射光になる。尚、図3

(a)において、 $n_1$ 、 $n_2$ 及び $n_3$ はそれぞれ空気屈折率、膜の屈折率及び基板の屈折率である。第1の反射光と第2の反射光とは互いに干渉して膜干渉光となるが、図3(b)に示す膜干渉光のスペクトル強度の波形の周期Tは膜厚の変化と対応する。従って、入射光(プラズマ光)のアルミニウム膜からの第1の反射光とウェハからの第2の反射光との膜干渉光のスペクトル強度の波形を測定することにより、ウェハ上に形成されたアルミニウム膜に対するエッチングレートが速いか又は遅い

かを検出することができる。

【0036】そこで、ステップSA2において、ウェハ面内におけるエッチングレートの分布を検出する。すなわち、CCDカメラ107により検出した膜干渉光の波形のデータをインサイチューモニタリング機器(旧:LOW ENTROPY SYSTEMS社(米国)製、新:LEYBOLD INFICON社(米国)製)に取り込み、取り込んだデータに基づいて中央部のエッチングレート及び周縁部のエッチングレートのうちのいずれが速いかを検出する。

【0037】ここで、膜干渉光の波形のデータからエッチングレートが速いか又は遅いかを検出する方法について説明する。

【0038】エッチングの進行中においては、第1の反射光と第2の反射光とが干渉して膜干渉光が形成されるので、図3(b)において一点鎖線よりも左側に示すように、膜干渉光のスペクトル強度の波形は規則正しい正弦波であるが、エッチングが完了すると膜干渉光が形成されないため、図3(b)において一点鎖線よりも右側に示すように、膜干渉光のスペクトル強度の波形は単調になる。

【0039】従って、第1の検出方法としては、アルミニウム膜の膜厚を該アルミニウム膜に対するエッチングの開始時から終了時までのエッチング時間で割ることにより、アルミニウム膜の中央部及び周縁部におけるエッチングレートをそれぞれ算出し、アルミニウム膜の中央部及び周縁部におけるエッチングレートの比較に基づいて中央部のエッチングレートと周縁部のエッチングレートとのいずれが速いかを検出する。この第1の検出方法は、アルミニウム膜の中心部における膜厚と周縁部における膜厚とが等しい場合には、中心部及び周縁部におけるエッチングレートの比較を簡易に行なうことができる。

【0040】また、第2の検出方法としては、アルミニウム膜の中央部及び周縁部における膜干渉光のスペクトル強度の波形が規則正しく現われる領域の正弦波の周期Tの平均値を比較することにより、中央部のエッチングレートと周縁部のエッチングレートとのいずれが速いかを検出する。具体的には、アルミニウム膜の中央部におけるスペクトル強度の波形の周期 $T_1$ が周縁部におけるスペクトル強度の波形の周期 $T_2$ よりも短いときは、中央部に対するエッチングレートは周縁部に対するエッチングレートよりも速く、中央部における膜干渉光の波形の周期 $T_1$ が周縁部における膜干渉光の波形の周期 $T_2$ よりも長いときは、中央部に対するエッチングレートは周縁部に対するエッチングレートよりも遅いと判断する。この第2の検出方法は、膜干渉光のスペクトル強度の波形が規則正しく現われる領域の正弦波の周期Tの平均値を比較するので、中心部及び周縁部に対するエッチングレートの比較を正確に行なうことができる。

【0041】アルミニウム膜(ウェハ)の周縁部のエッ



チングレートに比べて中心部のエッチングレートが遅い場合(ケース1)には、試料台102上のウェハを次にエッチングするウェハに取り替えている間に、ステップSA3において円筒体110を回転してフォーカスリング111を降下させる。これにより、フォーカスリング111の高さは低くなり、アルミニウム膜の周辺部に供給される反応性ラジカル(塩素ラジカル)の量が多くなるため、アルミニウム膜の周縁部のエッチングレートが速くなるので、アルミニウム膜の周縁部のエッチングレートと中心部のエッチングレートとが等しくなる。

【0042】アルミニウム膜(ウェハ)の周縁部のエッチングレートに比べて中心部のエッチングレートが遅い場合(ケース2)には、試料台102上のウェハを次にエッチングするウェハに取り替えている間に、ステップSA4において円筒体110を回転してフォーカスリング111を上昇させる。これにより、フォーカスリング111の高さは高くなり、アルミニウム膜の周辺部に供給される反応性ラジカル(塩素ラジカル)の量が少なくなるため、アルミニウム膜の周縁部のエッチングレートが遅くなるので、アルミニウム膜の周縁部のエッチングレートと中心部のエッチングレートとが等しくなる。

【0043】アルミニウム膜(ウェハ)の周縁部のエッ

チングレートと中心部とのエッチングレートとが等しいか又は両者のエッチングレートの差が所定の範囲内に収まっている場合(ケース3)には、ステップSA5においてフォーカスリング111の高さを変えない。これにより、アルミニウム膜の周縁部のエッチングレート及び中心部のエッチングレートは変化しない。

【0044】次に、ステップSA6において、次のウェハ上に形成されたアルミニウム膜に対するエッチングに移行する。尚、次のエッチングにおいても、エッチングレートがケース1～ケース3のいずれに該当するかを検出し、エッチングレートがケース3になるように、フォーカスリング111の高さを調節する。

【0045】[表3]は、第1の実施形態のケース1～3の場合における、アルミニウム膜(ウェハ)における周縁部のエッチングレート及び中心部のエッチングレートと、エッチングレートの均一性との関係を示しており、ケース3の場合に該当すると、エッチングレートの均一性は±3.9%になる。尚、エッチング条件については[表1]と同様である。

【0046】

【表3】

エッチング		ケース	フォーカスリングの高さが最適化されている場合	フォーカスリングの高さが最適化された場合より低い場合	フォーカスリングの高さが最適化された場合より高い場合
エッチングレート	周縁部		750nm/min	800nm/min	700nm/min
	中心部		750nm/min	720nm/min	780nm/min
エッチングレート均一性			±3.9%	±8.7%	±8.5%

【0047】尚、第1の実施形態においては、フォーカスリング111の高さを変化させることにより、アルミニウム膜における周縁部のエッチングレート及び中心部のエッチングレートを変化させたが、これに代えて、フォーカスリング111の先端部の形状を変化させることにより、アルミニウム膜の周縁部のエッチングレート及び中心部のエッチングレートを変化させてもよい。

【0048】(第2の実施形態)図4は本発明の第2の実施形態に係るエッチング装置の概略構成を示しており、真空中に保持されるチャンバー200の内部には、被エッチング試料であるウェハ201を保持すると共に下部電極となる試料台202、及び該試料台202を保持する保持台203が設けられており、試料台202には高周波電源204から例えば13.56MHzの高周波電力が印可される。また、試料台202の上には従来と

同様のフォーカスリング205が設けられていると共に、チャンバー200には、反応性ガスをチャンバー200内に導入するガス導入口206、及びチャンバー200内の気体を排出するガス排出口207が設けられている。

【0049】第2の実施形態の特徴として、チャンバー200の上部に、試料台202に保持されているウェハ201の表面状態をモニターするCCDカメラ208、及びCCDカメラ208に反応性ガスが付着するのを防止する石英板209が設けられている。

【0050】また、チャンバー200の上部には、ガス導入口206から導入される反応性ガスの吹き出し量を調節するガス量制御手段210が設けられており、該ガス量制御手段210は、底部に設けられた底部吹き出し口211と、側部に数カ所設けられた側部吹き出し口2

11と、底部吹き出し口211から吹き出すガス量を調整する底部シャッター213と、側部吹き出し口211から吹き出すガス量を調整する側部シャッター214とを有している。底部シャッター213の開閉度を調節すると、底部吹き出し口211からの反応性ガスの吹き出し量が増加し、側部シャッター214の開閉度を調節すると、側部吹き出し口211からの反応性ガスの吹き出し量が増加する。これにより、ウェハ201の周縁部及び中央部に向かう反応性ガスの吹き出し量をそれぞれ制御することができる。

【0051】以下、第2の実施形態に係るエッチング装置を用いて、試料台202の上に載置されたウェハ201上に形成されたアルミニウム膜に対して行なうエッチング方法について、図4～図7を参照しながら説明する。

【0052】まず、ステップSB1において、アルミニウム膜からの第1の反射光とウェハからの第2の反射光との膜干渉光の波形をCCDカメラ208によりモニターしながらアルミニウム膜をエッチングする。

【0053】次に、ステップSB2において、ウェハ面内におけるエッチングレートの分布を検出する。すなわち、第1の実施形態と同様にして、アルミニウム膜の中央部に対するエッチングレート及び周縁部に対するエッチングレートのうちのいずれが速いかを検出する。

【0054】次に、図6(a)に示すように、アルミニウム膜(ウェハ)の周縁部のエッチングレートよりも中心部のエッチングレートが速い場合(ケース1)には、試料台202上のウェハを次にエッチングするウェハに取り替えている間に、ステップSB3において、側部吹き出し口211からのガス吹き出し量(反応性ラジカル量)を相対的に多くすると共に底部吹き出し口211からのガス吹き出し量(反応性ラジカル量)を相対的に少なくする。具体的には、図6(b)において、aに示すように、アルミニウム膜の中心部及び周縁部に向かう反応性ラジカル量を増加すると共に周縁部に向かう反応性ラジカル量の増加量を中心部に向かう反応性ラジカル量の増加量よりも多くしたり、bに示すように、アルミニウム膜の中心部に向かう反応性ラジカル量を変えずに、周縁部に向かう反応性ラジカル量を増加させたり、又は、cに示すように、アルミニウム膜の中心部に向かう反応性ラジカル量を減少させると共に周縁部に向かう反応性ラジカル量を増加させる。

【0055】これにより、アルミニウム膜の周辺部に供給される反応性ラジカルの量が相対的に多くなるため、アルミニウム膜の周縁部のエッチングレートが相対的に速くなって、アルミニウム膜における周縁部のエッチングレートと中心部のエッチングレートとが等しくなる。

【0056】また、図7(a)に示すように、アルミニウム膜(ウェハ)の周縁部のエッチングレートよりも中心部のエッチングレートが速い場合(ケース2)には、試料台202上のウェハを次にエッチングするウェハに取り替えている間に、ステップSB4において、側部吹き出し口211からのガス吹き出し量(反応性ラジカル量)を相対的に少なくすると共に底部吹き出し口211からのガス吹き出し量(反応性ラジカル量)を相対的に多くする。具体的には、図7(b)において、dに示すように、アルミニウム膜の中心部及び周縁部に向かう反応性ラジカル量を増加すると共に中心部に向かう反応性ラジカル量の増加量を周縁部に向かう反応性ラジカル量の増加量よりも多くしたり、eに示すように、アルミニウム膜の周縁部に向かう反応性ラジカル量を変えずに、中心部に向かう反応性ラジカル量を増加させたり、又は、fに示すように、アルミニウム膜の周縁部に向かう反応性ラジカル量を減少させると共に中心部に向かう反応性ラジカル量を増加させる。

【0057】これにより、アルミニウム膜の中央部に供給される反応性ラジカルの量が相対的に多くなるため、アルミニウム膜の中央部のエッチングレートが相対的に速くなって、アルミニウム膜における周縁部のエッチングレートと中心部のエッチングレートとが等しくなる。

【0058】アルミニウム膜(ウェハ)の周縁部のエッチングレートと中心部とのエッチングレートとが等しいか又は両者のエッチングレートの差が所定の範囲内に収まっている場合(ケース3)には、ステップSB5において、側部吹き出し口211からのガス吹き出し量(反応性ラジカル量)及び底部吹き出し口211からのガス吹き出し量(反応性ラジカル量)を変化させない。これにより、アルミニウム膜における周縁部のエッチングレート及び中心部のエッチングレートは変化しない。

【0059】次に、ステップSB6において、次のウェハ上に形成されたアルミニウム膜に対するエッチングに移行する。尚、次のエッチングにおいても、エッチングレートがケース1～ケース3のいずれに該当するかを検出し、エッチングレートがケース3になるように、側部吹き出し口211及び底部吹き出し口211からのガス吹き出し量を調節する。

【0060】[表4]は、第2の実施形態のケース1～3の場合における、アルミニウム膜(ウェハ)における周縁部のエッチングレート及び中心部のエッチングレートと、エッチングレートの均一性との関係を示しており、ケース3の場合に該当すると、エッチングレートの均一性は±3.9%になる。尚、エッチング条件については[表1]と同様である。

【0061】

【表4】

ケース エッチング		周縁部及び 中心部のガス 吹出し量が最 適化されてい る場合	周縁部のガス 吹出し量が多 くて中心部の ガス吹出し量 が少ない場合	中心部のガス 吹出し量が多 くて周縁部の ガス吹出し量 が少ない場合
エッチング レート	周縁部	750nm/min	810nm/min	710nm/min
	中心部	750nm/min	710nm/min	790nm/min
エッチングレート均一性		±3.9%	±8.8%	±8.4%

【0062】第1又は第2の実施形態に係るエッチング方法を、アルミニウム膜のような金属合金膜よりなる金属配線のドライエッチング工程に適用すると、エッチング工程の加工精度及び再現性が良くなって、より微細な加工を実現できる。このため、半導体デバイスにおける配線抵抗や配線遅延時間等のウェハ及びチップの面内におけるばらつきが低減するので、半導体デバイスの特性が向上する。

【0063】尚、第1の実施形態においては、フォーカスリングの高さの調節のみを行ない、第2の実施形態においては、反応性ガスの吹き出し量の制御のみを行なったが、これに代えて、フォーカスリングの高さ調節と反応性ガスの吹き出し量の制御との両方を行なってもよい。

【0064】また、第1及び第2の実施形態においては、エッチング装置として、反応性イオンエッチング装置を用いたが、これに代えて、誘導結合プラズマ（ICP：Inductively Coupled Plasma）エッチング装置や、ECR（Electron Cyclotron Resonance）エッチング装置を用いても、同様の効果が得られることは言うまでもない。ECRエッチング装置を用いる場合には、スロットアンテナの太さ及び位置を変化させることにより、アルミニウム膜における周縁部のエッチングレート及び中心部のエッチングレートを変化させ、これにより、エッチングレートの均一性の向上を図ることができる。

【0065】また、第1及び第2の実施形態においては、アルミニウム膜よりなる金属合金膜に対するエッチングについて説明したが、本発明は、ウェハ上に形成されたシリコン酸化膜やポリシリコン膜等のシリコン系の膜に対するエッチングに対しても適用されることは言うまでもない。

【0066】

【発明の効果】本発明に係るエッチング方法によると、第1の被エッチング膜に対するエッチング時において、中央部よりも周縁部の方がエッチングレートが速いとき

には、第2の被エッチング膜に対するエッチング時においては、中央部に到達するラジカル量が相対的に増加するため、中央部のエッチングレートが相対的に速くなり、また、第1の被エッチング膜に対するエッチング時において、中央部よりも周縁部の方がエッチングレートが遅いときには、第2の被エッチング膜に対するエッチング時においては、周縁部に到達するラジカル量が相対的に増加するため、周縁部のエッチングレートが相対的に速くなるので、第2の被エッチング膜に対するエッチングレートは均一になる。

【0067】本発明に係るエッチング方法において、ラジカル量調整工程が、中央部よりも周縁部の方がエッチングレートが遅いときには、フォーカスリングを上昇させて周縁部に到達するラジカル量を減少させる工程を含むと、周縁部に到達するラジカル量が減少するため、周縁部のエッチングレートが遅くなるので、第2の被エッチング膜に対するエッチングレートは均一になる。

【0068】また、本発明に係るエッチング方法において、ラジカル量調整工程が、中央部よりも周縁部の方がエッチングレートが遅いときには、フォーカスリングを降下させて周縁部に到達するラジカル量を減少させる工程を含むと、周縁部に到達するラジカル量が増加するため、周縁部のエッチングレートが速くなるので、第2の被エッチング膜に対するエッチングレートは均一になる。

【0069】また、本発明に係るエッチング方法において、ラジカル量調整工程が、中央部よりも周縁部の方がエッチングレートが速いときには、周縁部に向かう反応性ガスの量を減少させて周縁部に到達するラジカル量を減少させる工程又は中央部に向かう反応性ガスの量を増加させて中央部に到達するラジカル量を増加させる工程を含むと、反応性ガスの量を制御するだけで第2の被エッチング膜に対するエッチングレートを均一にすることができる。

【0070】また、本発明に係るエッチング方法において、ラジカル量調整工程が、中央部よりも周縁部の方がエッチングレートが遅いときには、周縁部に向かう反応性ガスの量を増加させて周縁部に到達するラジカルの量を増加させる工程又は中央部に向かう反応性ガスの量を減少させて中央部に到達するラジカルの量を減少させる工程を含むと、反応性ガスの量を制御するだけで第2の被エッチング膜に対するエッチングレートを均一にすることができる。

【0071】また、本発明に係るエッチング方法において、エッチングレート検出工程が、第1の被エッチング膜の表面から反射してくる第1の反射光と第1のウェハの表面から反射してくる第2の反射光との膜干渉光の波形をモニターすることにより、第1の被エッチング膜の周縁部及び中央部のエッチングレートを検出する工程を含むと、第1の被エッチング膜の周縁部及び中央部のエッチングレートを簡易且つ確実に検出することができる。

【0072】本発明に係る第1のエッチング装置によると、試料台に対して昇降可能に設けられているフォーカスリングを昇降させることにより、被エッチング膜の周縁部に到達するラジカルの量を増減できるので、被エッチング膜のエッチングレートを簡易且つ確実に均一にすることができる。

【0073】本発明に係る第2のエッチング装置によると、被エッチング膜の周縁部又は中央部に向かう反応性ガスの量を増加又は減少させることにより、被エッチング膜の周縁部又は中心部に到達するラジカルの量を増減できるので、被エッチング膜のエッチングレートを簡易且つ確実に均一にすることができる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に第1の実施形態に係るエッチング装置の概略断面図である。

【図2】本発明の第1の実施形態に係るエッチング方法を示すフロー図である。

【図3】(a)、(b)は、本発明の第1及び第2の実施形態に係るエッチング方法において、膜干渉光をモニターする方法を説明する図である。

【図4】本発明に第2の実施形態に係るエッチング装置の概略断面図である。

【図5】本発明の第2の実施形態に係るエッチング方法を示すフロー図である。

【図6】(a)はアルミニウム膜の周縁部のエッチング

レートよりも中心部のエッチングレートが遅い場合を示す概念図であり、(b)はアルミニウム膜の周辺部に供給される反応性ラジカルの量を相対的に多くする方法を示す概念図である。

【図7】(a)はアルミニウム膜の周縁部のエッチングレートよりも中心部のエッチングレートが遅い場合を示す概念図であり、(b)はアルミニウム膜の中心部に供給される反応性ラジカルの量を相対的に多くする方法を示す概念図である。

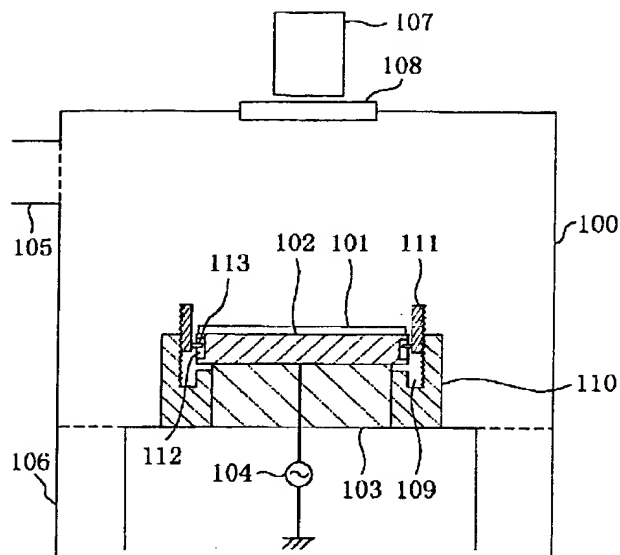
【図8】従来のエッチング装置の概略断面図である。

【図9】(a)及び(b)は、従来のエッチング方法を説明する断面図である。

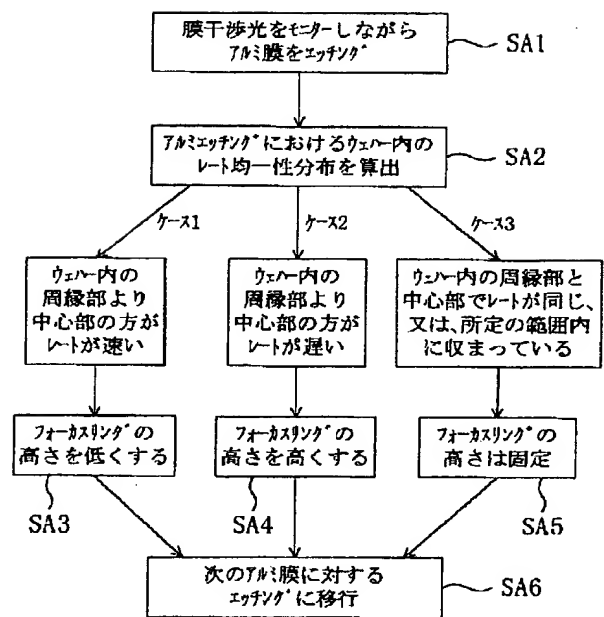
#### 【符号の説明】

- 100 チャンバー
- 101 ウェハ
- 102 試料台
- 103 保持台
- 104 高周波電源
- 105 ガス導入口
- 106 ガス排出口
- 107 CCDカメラ
- 108 石英板
- 109 凹状溝
- 110 円筒体
- 111 フォーカスリング
- 112 凹部
- 113 突起部
- 200 チャンバー
- 201 ウェハ
- 202 試料台
- 203 保持台
- 204 高周波電源
- 205 フォーカスリング
- 206 ガス導入口
- 207 ガス排出口
- 208 CCDカメラ
- 209 石英板
- 210 ガス量制御手段
- 211 側部吹き出し口
- 212 底部吹き出し口
- 213 底部シャッター
- 214 側部シャッター

【図1】

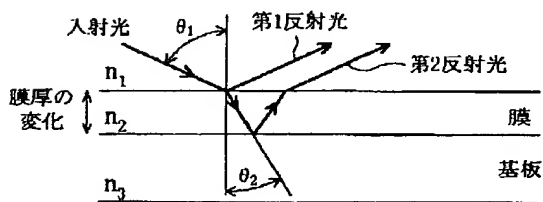


【図2】

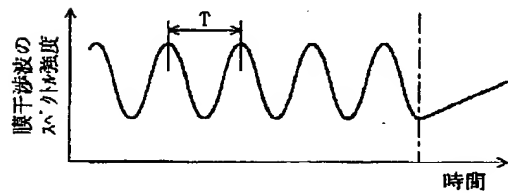


【図3】

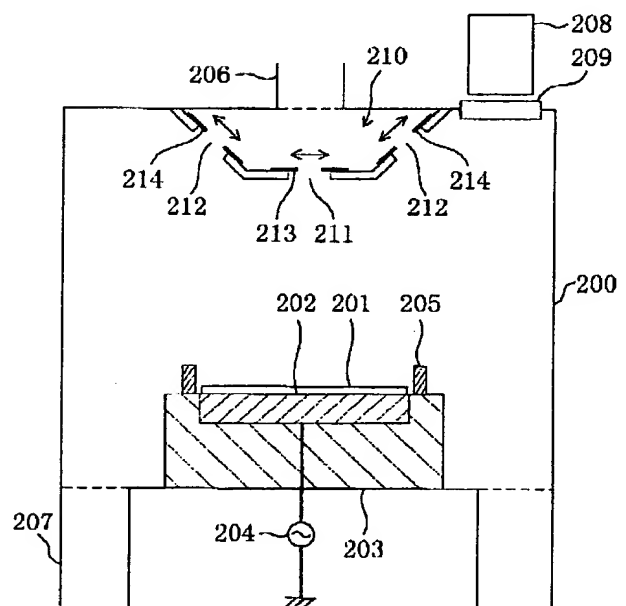
(a)



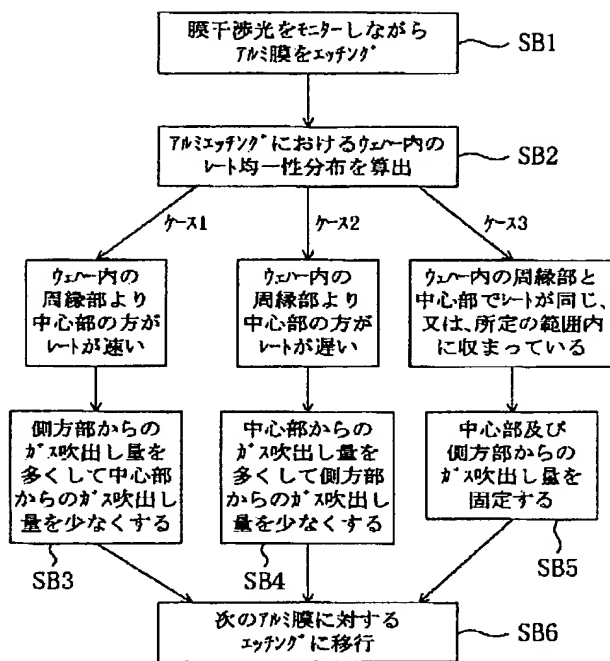
(b)



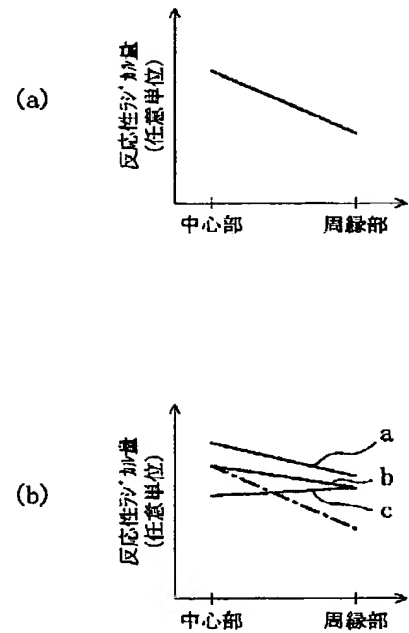
【図4】



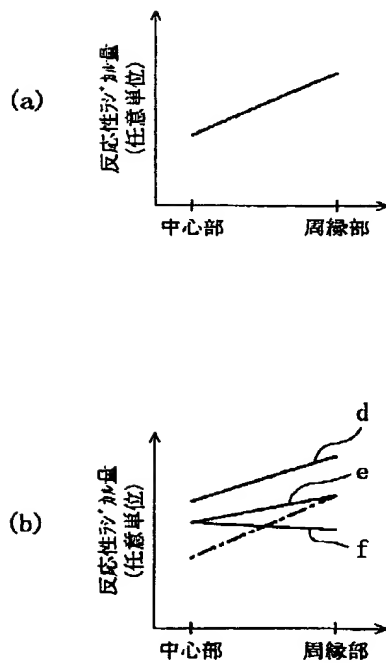
【図5】



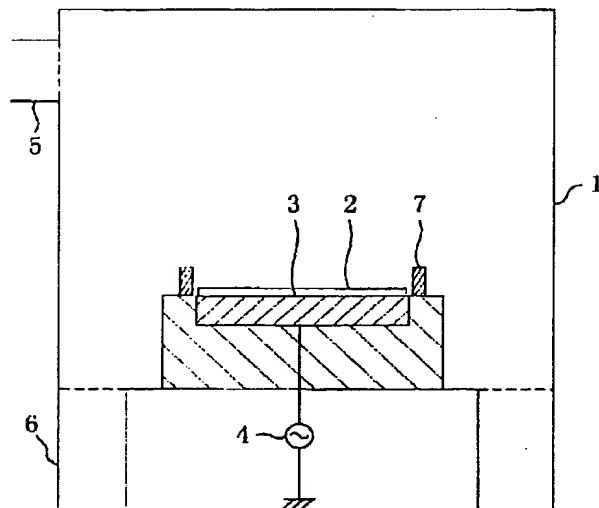
【図6】



【図7】



【図8】



【図9】

